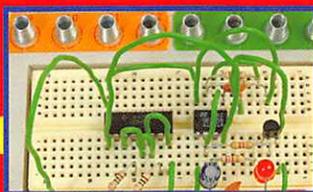
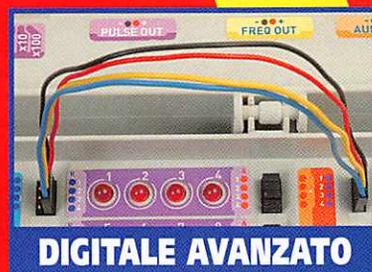
...e costruisci il tuo **LABORATORIO DIGITALE**

6,90 €

41

HARDWARE

DIGITALE DI BASE

MICROCONTROLLER

DIGITALE AVANZATO

TOTALMENTE PROGRAMMABILE!!!

9 771824 363008 41041

Peruzzo & C.

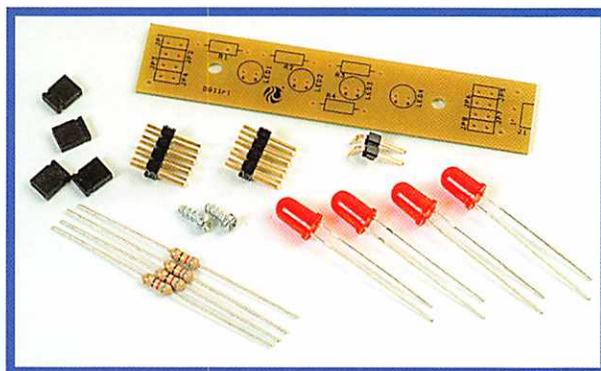
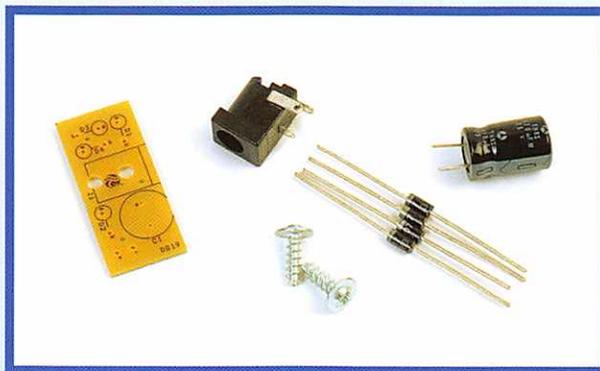
Direttore responsabile:
ALBERTO PERUZZO
Direttore Grandi Opere:
GIORGIO VERCELLINI
Consulenza tecnica e traduzioni:
CONSULCOMP S.n.c.
Pianificazione tecnica
LEONARDO PITTON

Direzione, Redazione, Amministrazione: viale Ercole Marelli 165, Tel. 02/242021, 20099 Sesto San Giovanni (Mi). Pubblicazione settimanale. Registrazione del Tribunale di Monza n. 1738 del 26/05/2004. Spedizione in abbonamento postale gr. II/70; autorizzazione delle Poste di Milano n. 163464 del 13/2/1963. Stampa: Grafiche Porpora s.r.l., Cernusco S/N (MI). Distribuzione SO.DI.P. S.p.A., Cinisello Balsamo (MI).

"ELETTRONICA DIGITALE"
si compone di
70 fascicoli settimanali
da suddividere
in 2 raccoglitori.

RICHIESTA DI NUMERI ARRETRATI. Per ulteriori informazioni, telefonare dal lunedì al venerdì ore 9.30-12.30 all'ufficio arretrati tel. 02/242021. Se vi mancano dei fascicoli o dei raccoglitori per completare l'opera, e non li trovate presso il vostro edicolante, potrete riceverli a domicilio rivolgendovi direttamente alla casa editrice. Basterà compilare e spedire un bollettino di conto corrente postale a PERUZZO & C. s.r.l., Ufficio Arretrati, viale Marelli 165, 20099 Sesto San Giovanni (MI). Il nostro numero di c/c postale è 42980201. L'importo da versare sarà pari al prezzo dei fascicoli o dei raccoglitori richiesti, più le spese di spedizione € 3,10 per pacco. Qualora il numero dei fascicoli o dei raccoglitori sia tale da superare il prezzo globale di € 25,82 e non superiore a € 51,65, l'invio avverrà per pacco assicurato e le spese di spedizione ammonteranno a € 6,20. La spesa sarà di € 9,81 da € 51,65 a € 103,29; di € 12,39 da € 103,29 a € 154,94; di € 14,98 da € 154,94 a € 206,58; di € 16,53 da € 206,58 in su. Attenzione: ai fascicoli arretrati, trascorse dodici settimane dalla loro distribuzione in edicola, viene applicato un sovrapprezzo di € 0,52, che andrà pertanto aggiunto all'importo da pagare. Non vengono effettuate spedizioni contrassegno. Gli arretrati di fascicoli e raccoglitori saranno disponibili per un anno dal completamento dell'opera. IMPORTANTE: è assolutamente necessario specificare sul bollettino di c/c postale, nello spazio riservato alla causale del versamento, il titolo dell'opera nonché il numero dei fascicoli e dei raccoglitori che volete ricevere.

IN REGALO in questo fascicolo

1 Scheda DG11r1
4 LED rossi
2 Connettori da c.s. diritti 2x4 vie
1 Connettore da c.s. a 90° a 2 vie
4 Resistenze da 820 Ohm 5% 1/4 W
4 Ponticelli isolati neri
2 Viti

IN REGALO nel prossimo fascicolo

1 Scheda DG19
4 Diodi 1N4004 o 1N4007
1 Condensatore elettrolitico 470 µF
2 Viti
1 Connettore di alimentazione

COME RACCOGLIERE E SUDDIVIDERE L'OPERA NELLE 4 SEZIONI

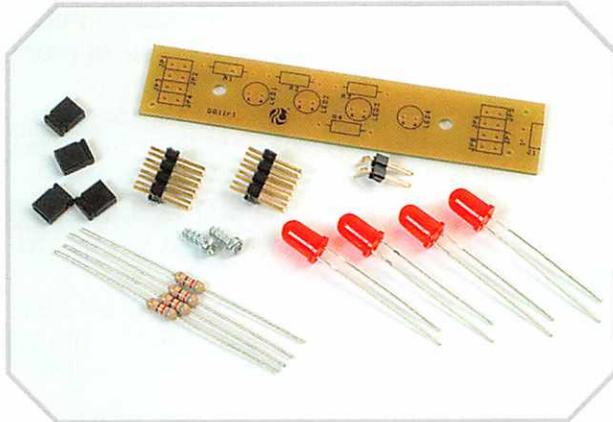
L'Opera è composta da 4 sezioni identificabili dalle fasce colorate, come indicato sotto. Le schede di ciascun fascicolo andranno suddivise nelle sezioni indicate e raccolte nell'apposito raccoglitore, che troverai presto in edicola. Per il momento, ti consigliamo di suddividere le sezioni in altrettante cartellette, in attesa di poterle collocare nel raccoglitore. A prima vista, alcuni numeri di pagina ti potranno sembrare ripetuti o sbagliati. Non è così: ciascuno fa parte di sezioni differenti e rispecchia l'ordine secondo cui raccogliere le schede. **Per eventuali domande di tipo tecnico scrivere al seguente indirizzo e-mail:** elettronicadigitale@microrobots.it

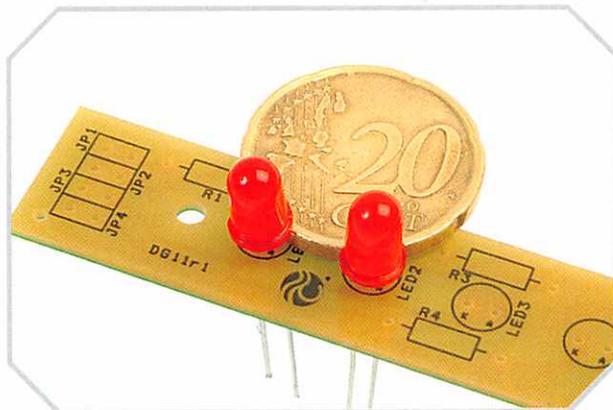
Hardware Montaggio e prove del laboratorio

Digitale di base Esercizi con i circuiti digitali

Digitale avanzato Esercizi con i circuiti sequenziali

Microcontroller Esercizi con i microcontroller

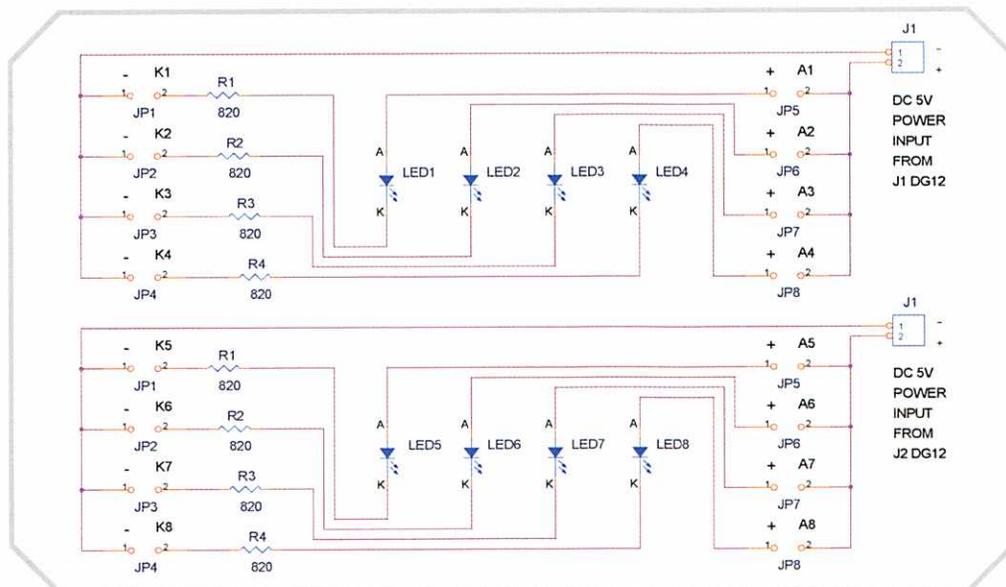
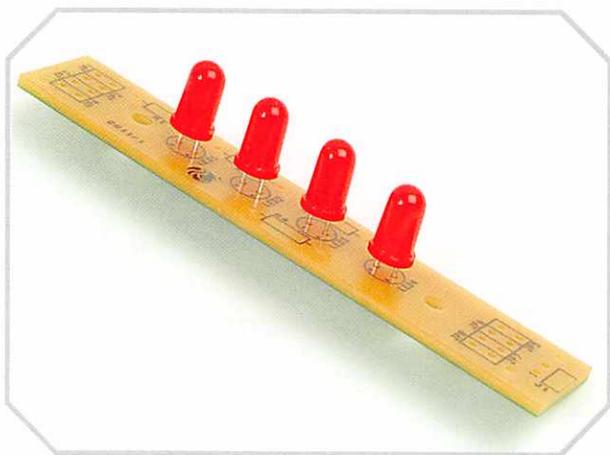
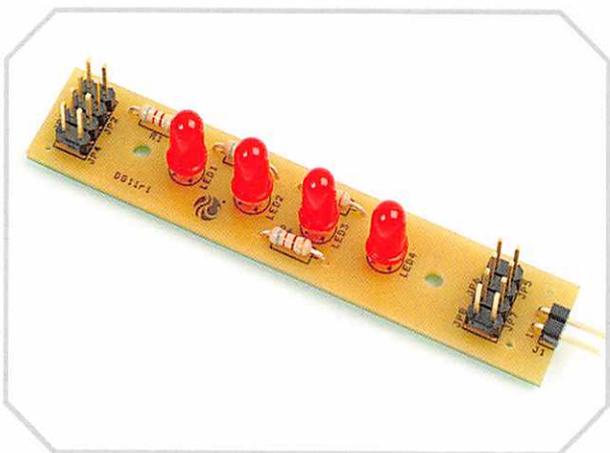
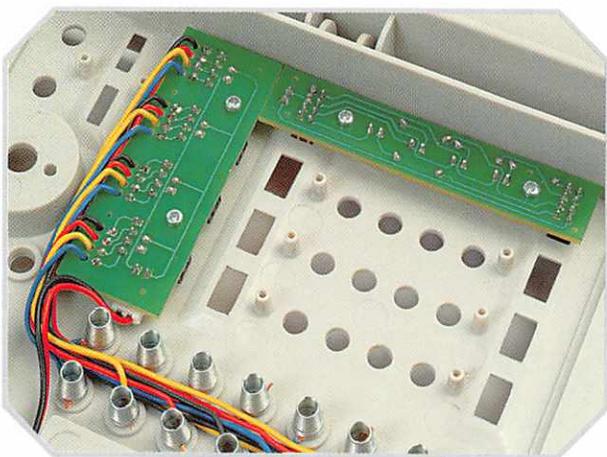
Secondo modulo matrice dei LED

Materiale fornito con questo fascicolo.

Allegato a questo fascicolo troverete il circuito stampato e i componenti necessari per montare il secondo circuito DG11 e per la sua installazione, in modo da poter disporre dei 4 LED corrispondenti alla seconda fila della matrice dei LED.

Utilizzare una moneta come separatore.

Materiale

Il materiale fornito permette il montaggio completo del modulo. Consiste in un circuito stampato DG11, i quattro LED, due connettori da circuito stampato diritti maschio aventi due file da quattro vie, un connettore a 90° a due vie, quattro resistenze da 820 Ω che limitano la corrente che circola su ogni LED, oltre a quattro ponticelli di utilizzo generale e due viti per il fissaggio della scheda dopo averla montata sul laboratorio.

Montaggio del PCB

Il montaggio dei componenti su questo stampato è già stato spiegato nella scheda Hardware 33 del fascicolo 17, quindi ricorderemo

Schema elettrico utilizzato negli esperimenti.

I LED devono rimanere sollevati.

Circuito stampato DG11 completo.

Laboratorio prima del montaggio del secondo modulo.

solo i passaggi più importanti specialmente quelli che possono dar luogo a errori di montaggio.

I primi componenti da installare sono i quattro LED, tenendo presente la loro altezza e la polarità.

Per quanto riguarda la polarità, i due fori sono siglati sulla scheda con una K per il catodo e una A per l'anodo.

Per l'identificazione dei terminali sui LED, troveremo una zona smussata o piatta, più vicina al terminale corrispondente al catodo.

Il terminale dell'anodo è più lungo, anche se bisogna fare attenzione a questo dato perché i terminali dei LED potrebbero essere stati accorciati.

Montaggio dei LED

I quattro LED devono rimanere verticali, allineati e alla stessa altezza, ci deve essere un distacco di circa 2 mm fra il loro contenitore e la scheda del circuito stampato.

Questa separazione si può ottenere facilmente utilizzando una moneta da 20 centesimi di euro, come separatore durante il processo di saldatura. Vi consigliamo comunque, di saldare solamente un terminale per ognuno dei quattro LED, in modo che una volta tolta la moneta, se riterremo necessario effettuare delle verifiche, le potremo eseguire prima di saldare l'altro terminale.

Resto dei componenti

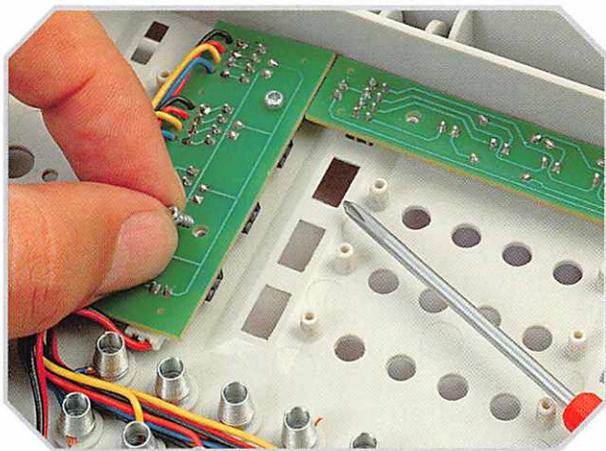
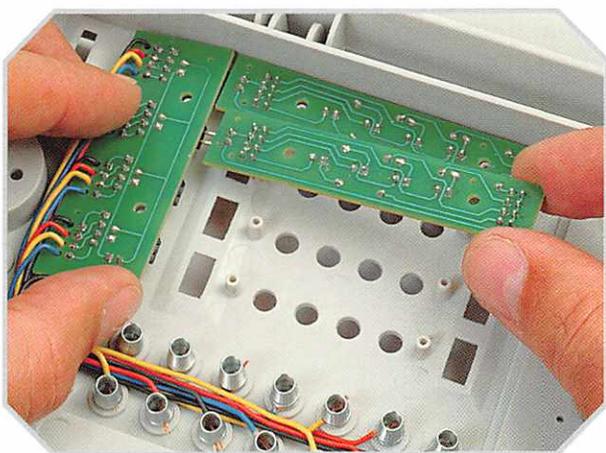
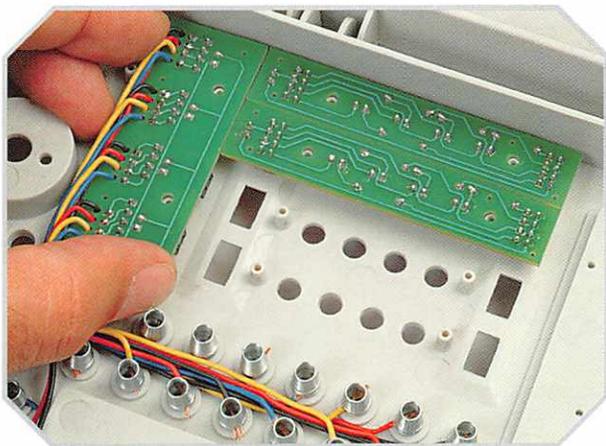
Il resto dei componenti, le resistenze da 820 Ω (grigio, rosso, marrone) e i connettori, si montano nel modo abituale. Dopo aver eseguito le saldature, le controlleremo tutte e verificheremo anche la polarità dei LED.

Montaggio del secondo modulo

Per installare la scheda DG11 è necessario capovolgere il pannello principale del laboratorio e seguire questo procedimento:

– Scollegare l'alimentazione (è consigliabile estrarre le batterie).

– Svitare e togliere le due viti che fissano la scheda DG11 installata precedentemente, che corrisponde ai LED da 1 a 4.

– Togliere le due viti che fissano la scheda DG12.

È necessario togliere le viti di DG11 e DG12.

La seconda DG11 si inserisce in J2 di DG12.

Scheda presentata nel suo alloggiamento.

– Togliere la scheda DG11 installata, inclinando la DG12 in modo da farla ruotare dal lato dei fili, fino a quando i LED della DG11 usciranno dalle loro sedi.

– Inserire la seconda scheda DG11, collegando il suo connettore J1 su J2 di DG12. Questa scheda corrisponde ai diodi della matrice dei LED numerati sul pannello frontale del laboratorio, da LED 5 a LED 8.

– Abbassare l'insieme delle schede in modo che gli 8 LED e i connettori fuoriescano dal pannello frontale. Potete collegare quattro ponticelli sugli estremi dei connettori, per facilitare il centraggio di questi ultimi nei fori del pannello frontale.

– Montare le sei viti, due per ogni scheda, stringendo solo il minimo indispensabile per fissare le schede.

– Togliere, dopo aver installato le schede, i ponticelli utilizzati per il centraggio.

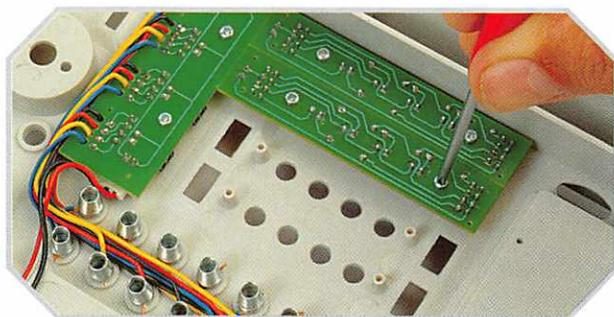
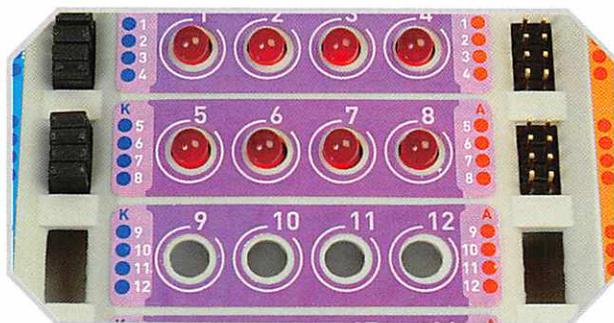
Verificare che i connettori si possano inserire sia sui ponticelli sia sui connettori dei cavetti a quattro terminali.

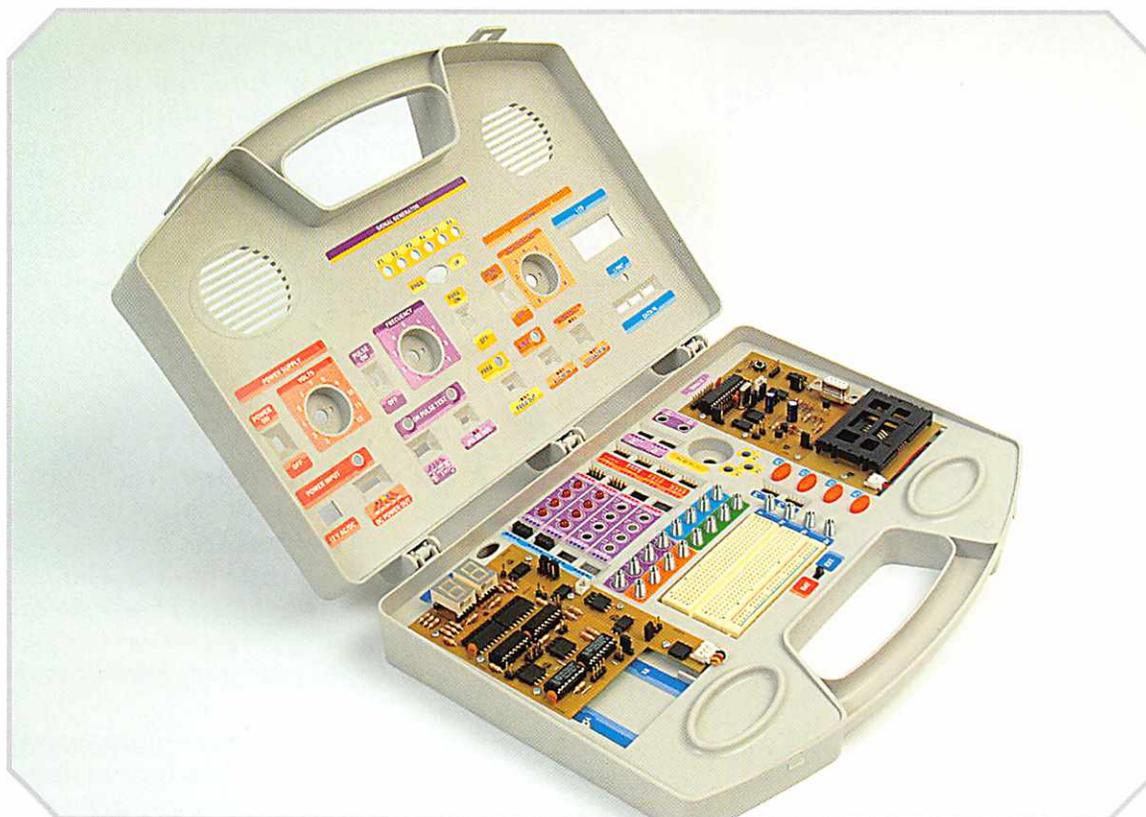
Identificazione

I circuiti stampati DG11 contengono ognuno 4 LED, tutti uguali, e in tutti questi circuiti stampati i LED hanno come riferimento da LED1 a LED4. Negli schemi invece viene utilizzata l'identificazione usata sul pannello principale del laboratorio, cioè da LED1 a LED4 per la prima fila, da LED5 a LED 8 per la seconda. I collegamenti dell'anodo e del catodo sono siglati come A e K seguiti dal numero del LED corrispondente.

Prova

Anche se il modulo che contiene i LED identificati sul pannello frontale del laboratorio da LED1 a LED4 è già stato provato, è necessario ripetere questa verifica insieme a quella del modulo corrispondente ai LED da 5 a 8. Ricordiamo inoltre che le due schede DG11 utilizzate sono intercambiabili, essendo esattamente uguali.

Nessun ponticello deve essere montato sui connettori maschio a 2 file da 4 terminali, situati su entrambi i lati delle due file di 4 LED.

Le viti si devono stringere dolcemente.

Vista esterna della zona dei LED da 1 a 8.

È necessario che il laboratorio possa disporre almeno delle pile del primo portabatterie – per avere 4,5 Volt – e il commutatore di alimentazione dovrà essere nella posizione BAT. Continueremo collegando un ponticello tra K8 e il terminale al suo fianco, sullo stesso connettore, identificato come (-), e un altro ponticello tra il terminale siglato come A8 e il terminale alla sua sinistra, siglato come (+). Dopo aver collegato questi ponticelli il LED 8 si deve illuminare. Se cambiamo questi ponticelli sulle posizioni K7-A7, K6-A6, ecc., fino ad arrivare alla posizione K1-A1, dobbiamo far illuminare i LED dei numeri corrispondenti dal LED 7 fino al LED 1 seguendo questo ordine. La cosa più probabile è che non ci sia nessun problema, ma nel caso ve ne fossero, verificheremo per prima cosa l'alimentazione, e che i connettori della scheda DG11 siano ben collegati a quelli della scheda DG12. Se il problema dovesse persistere, è necessario verificare le saldature, se nonostante questo dovesse sussistere, verificheremo che i LED siano montati sulla scheda con la polarità corretta.

Aspetto del laboratorio con i primi 8 LED installati.

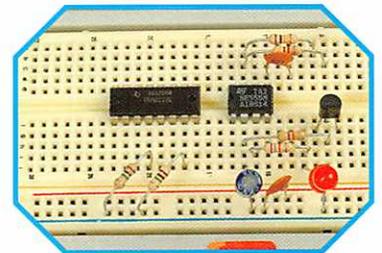
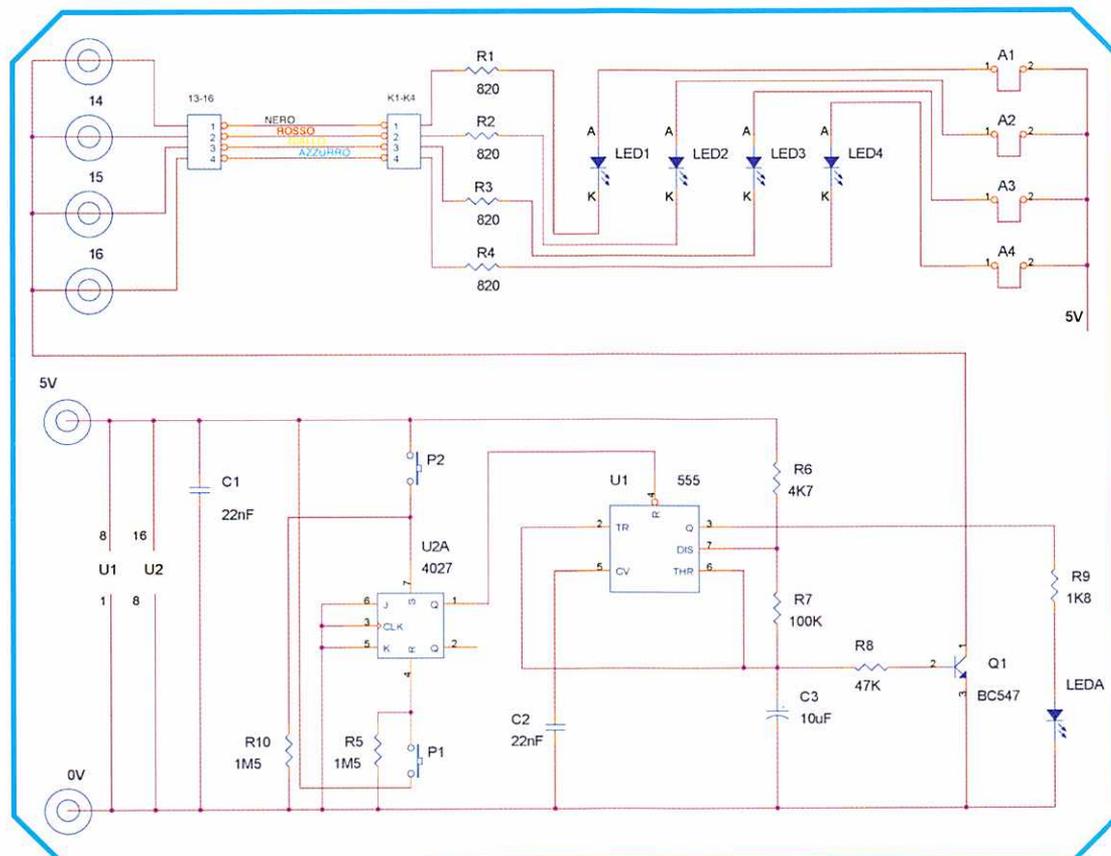
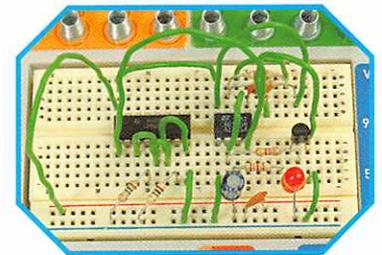
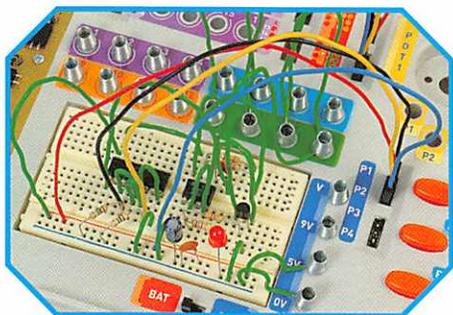
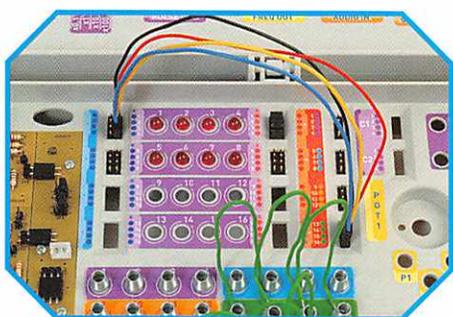
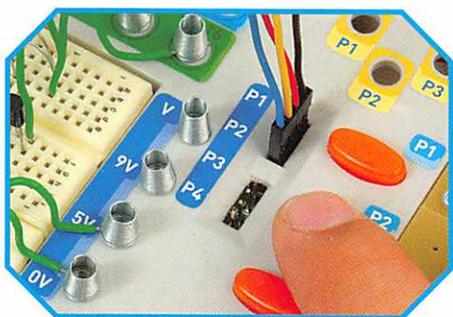
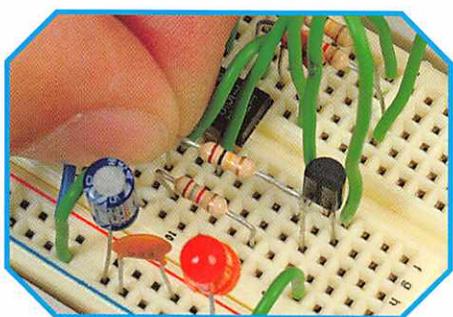
Tensione del condensatore

In questo circuito si utilizza la tensione del condensatore che determina la frequenza di oscillazione del 555 quando funziona come astabile per controllare l'illuminazione di 4 LED.

Il circuito

Osservando lo schema del circuito può apparire, a prima vista, che ci sia un errore nel collegamento dell'uscita del 555. Sull'uscita del circuito, terminale 3, si collega un diodo LED per visualizzare lo stato della stessa, con la rispettiva resistenza R9 che serve per limitarne la corrente. Come uscita utilizziamo invece la tensione del condensatore C3, applicata alla base del transistor Q1 mediante la resistenza R8.

Questa tensione non è continua e assomiglia molto a un segnale triangolare, quindi la carica del condensatore avviene in modo progressivo e anche la corrente di base del transistor sale lentamente, pertanto anche la cor-

Componenti sulla scheda Bread Board.

Cablaggio della scheda Bread Board.

Schema generale del circuito che permette di visualizzare la tensione di carica del condensatore C3.

Cablaggio del pulsante.

Cablaggio al catodo dei LED.

Premendo P1 si attiva o disattiva l'oscillatore.

Possiamo provare a cambiare il valore di R8 con 100 K.

Esperimento completato.

rente che circola sui LED da 1 a 4 aumenta lentamente, e questi LED si illuminano in modo progressivo.

Il funzionamento dell'oscillatore 555 si controlla collegando il suo ingresso di reset all'uscita di uno dei bistabili del circuito integrato 4027.

Il pulsante P2 si utilizza per attivare il circuito e P1 per disattivarlo.

Montaggio

La collocazione dei componenti sulla scheda si esegue come d'abitudine, i collegamenti ai catodi dei LED vengono effettuati utilizzando un cavetto terminato su due connettori a quattro vie, dei quali uno si collega ai catodi dei LED, e l'altro al connettore corrispondente alle molle dalla 13 alla 16.

I collegamenti ai pulsanti si realizzano con il cavetto che ha un solo connettore, inserendolo sul pannello identificato come P1-P2 e utilizzando i fili di questo cavetto per dei collegamenti diretti sulla scheda Bread Board.

Prova

Dopo aver verificato che il montaggio sia stato eseguito in modo corretto, colleghiamo l'alimentazione alle molle 0 e 5 V. Il pulsante P1 ferma l'oscillatore e P2 lo fa partire, il LED A si illumina e si spegne in modo intermittente, così come gli altri quattro LED, però l'accensione e lo spegnimento di questi ultimi avviene in modo molto più graduale.

Vi consigliamo di sostituire la resistenza R8 da 47 K con una da 100 K e osservare la variazione che si produce nell'illuminazione dei LED.

LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 555
U2	Circuito integrato 4027
R5, R10	Resistenza 1M5 (marrone, verde, verde)
R6	Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
R7	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R8	Resistenza 47 K (giallo, viola, arancio)
R9	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
C1, C2	Condensatore 22 nF
C3	Condensatore 10 µF elettrolitico
Q1	Transistor BC547 o BC548
LED A	Diodo LED rosso 5 mm

Indicatore stradale

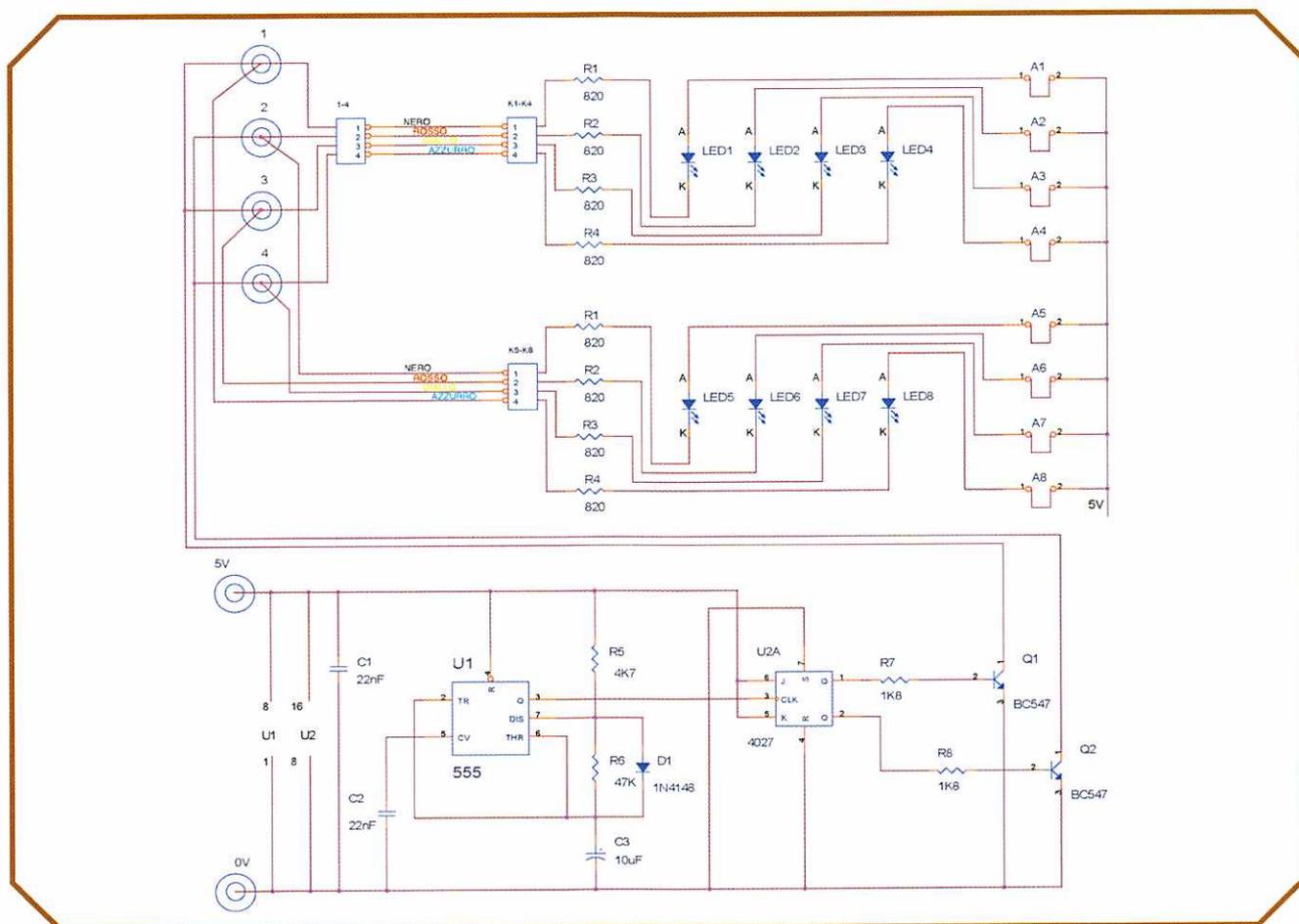
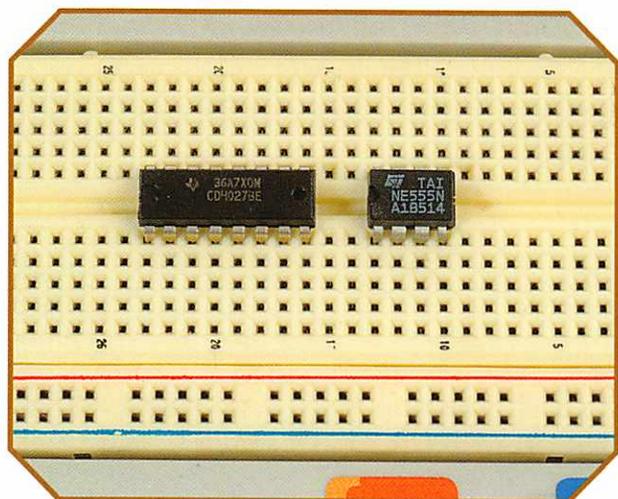
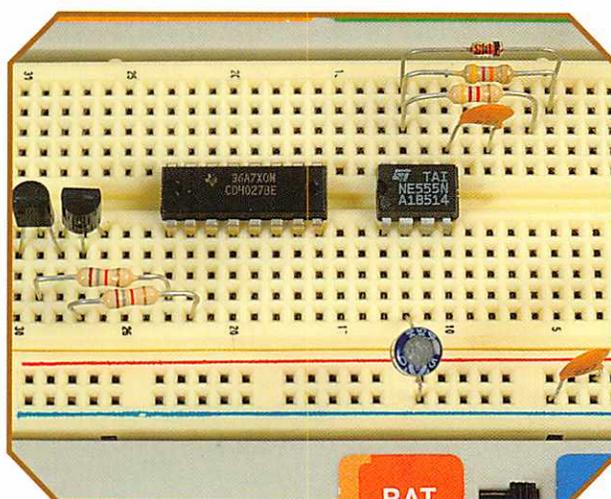
Questo circuito simula il movimento, è composto da due file di LED che generano la sensazione di movimento illuminandosi in modo sequenziale, risulta molto utile per richiamare l'attenzione in situazioni di pericolo.

Il circuito

Osservando il circuito troveremo un astabile formato da un circuito integrato 555 opportunamente configurato, che viene utilizzato per ottenere gli impulsi a una determinata frequenza.

L'intervallo fra gli impulsi si può aumentare incrementando o riducendo la resistenza R6.

L'uscita di questo astabile si applica all'ingresso di uno dei due bistabili contenuti nel circuito integrato 4027, il quale avendo gli ingressi J e K collegati a livello logico 1 funziona come un bistabile del tipo T, quindi lo stato della sua uscita cambia a ogni impulso di clock ricevuto.

L'uscita Q del bistabile – terminale 1 dell'integrato – si utilizza quando è a livello alto, per attivare il transistor Q1 che entrando

Schema elettrico dell'indicatore luminoso.

I primi componenti da montare sono gli integrati.

Componenti sulla scheda Bread Board.

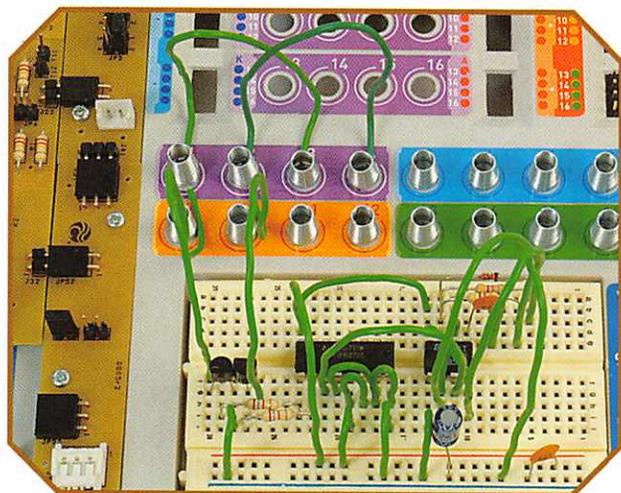
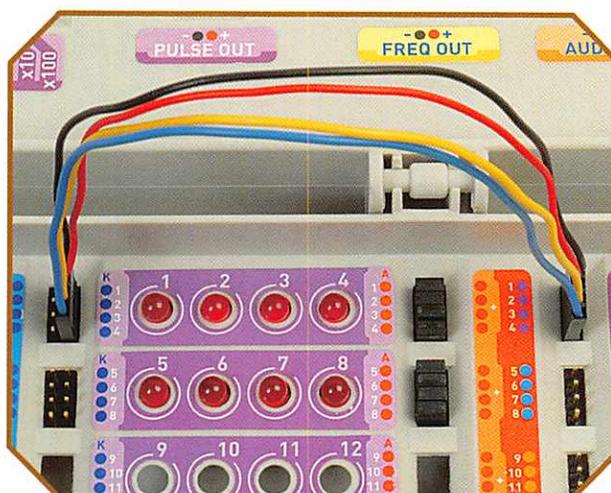
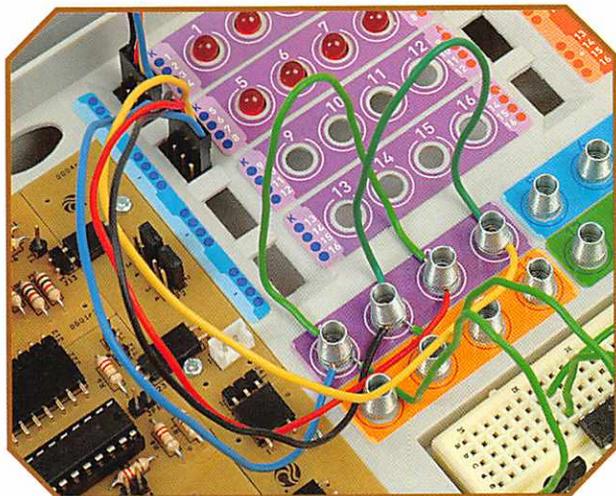
in conduzione provoca l'accensione dei LED1, 3, 6 e 8. L'altra uscita del bistabile è opposta e quando l'uscita, terminale 1, passa a 0, l'uscita complementare, terminale 2, passa a livello alto; si spegneranno quindi i LED precedenti e si illumineranno i LED 2, 4, 5 e 7 grazie alla polarizzazione del transistor Q2.

I transistor Q1 e Q2 permettono di ottenere una corrente superiore a quella che potrebbe essere fornita direttamente da una delle porte di questo tipo di integrati, tramite i transistor quindi si evita di sovraccaricare le uscite dell'integrato stesso.

Montaggio

Il montaggio inizia dal posizionamento dei circuiti integrati 555 e 4027 sulla scheda Bread Board e continua facendo particolare attenzione alla polarità del condensatore C3, a quella del diodo e al posizionamento dei terminali dei transistor.

Dato che abbiamo già a disposizione due file di LED, le utilizzeremo per ottenere un maggiore effetto visivo.

I primi quattro LED si collegano utilizzando un cavetto terminato su due connettori a quattro vie che verranno collegati ai cato-

Collegamenti fra le molle e la scheda Bread Board.

Cavetto a due connettori installato.

Cavetto a un
connettore installato.

Dettaglio ingrandito
dei ponticelli per gli otto anodi.

di, terminali da K1 a K4 e alle molle dalla 1 alla 4.

I collegamenti della successiva fila di LED si realizzano con un cavetto terminato su un connettore, e con i fili liberi dall'altro capo. Questo cavetto si collega fra i catodi da K5 a K8 e alle molle precedenti, ma in modo che si illuminino i LED dal numero 5 al numero 8 in ordine inverso, cosa che si ottiene seguendo lo schema.

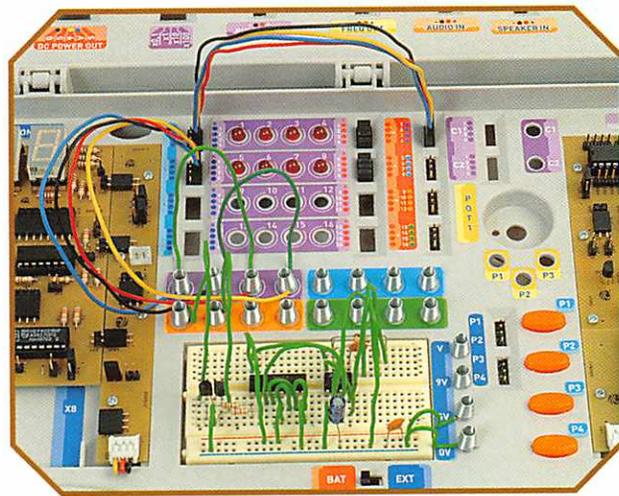
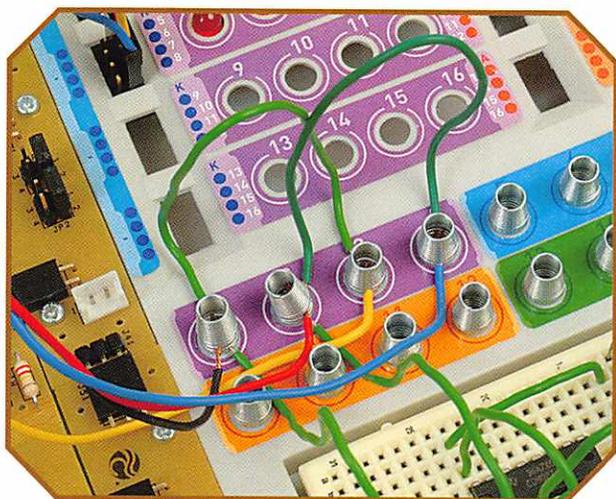
Per fare in modo che il circuito funzioni bisogna montare gli otto ponticelli corrispondenti agli anodi degli otto LED, per ottenere il collegamento fra questi e il positivo da 5 V.

Alimentazione

Per far funzionare il circuito bisogna montare gli otto ponticelli corrispondenti agli anodi degli otto LED per ottenere il collegamento fra questi e il positivo da 5 Volt, disponibile sui connettori vicini agli anodi.

Il resto del circuito si deve alimentare quindi a 5 Volt, utilizzando la molla di 0 V e quella di 5 V, lasciando questi collegamenti per ultimi, quando tutto il lavoro sarà stato terminato e controllato.

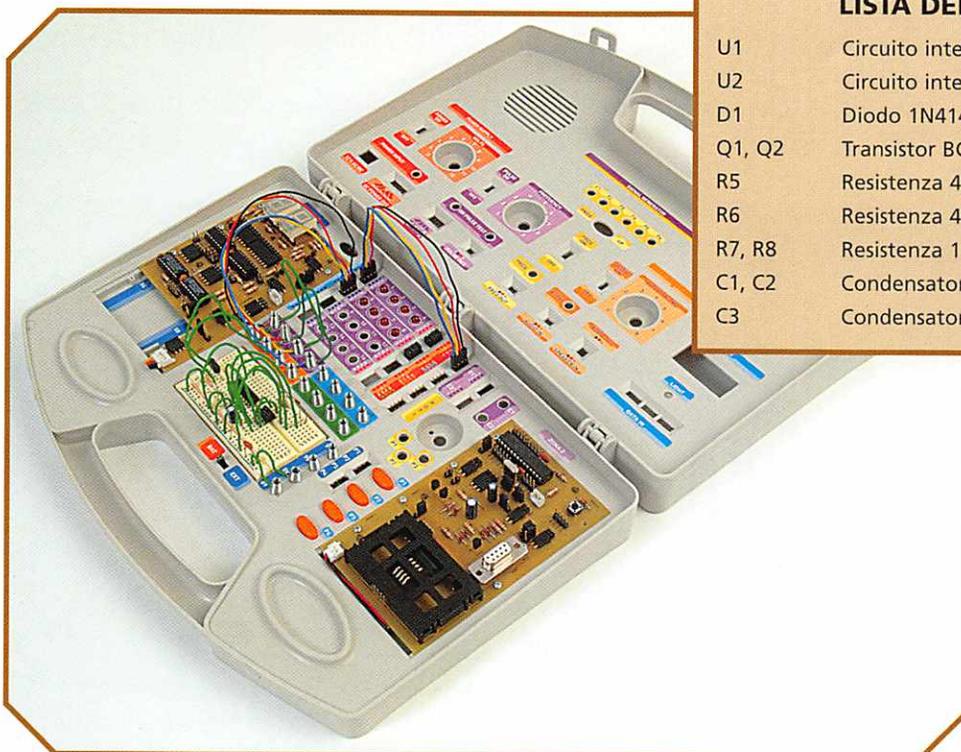
È necessario inoltre verificare di aver collegato le alimentazioni ai circuiti integrati, che

I collegamenti a 5 V
si eseguono dopo aver verificato il montaggio.

Vista completa
del cablaggio realizzato.

Cambiando i collegamenti dei catodi si ottiene un altro effetto.

Diminuendo R6 a 4K7 si ottiene un buon effetto luminoso.

per il 555 sono le seguenti: terminale 8 positivo e 1 negativo. Per il 4027 invece sono: terminale 16 positivo e 8 negativo.

Funzionamento

Il circuito deve funzionare appena si collega l'alimentazione, anche se la frequenza è bassa per la nostra applicazione, la possiamo aumentare o diminuire tramite il valore della resistenza R8; possiamo provare con 4K7 e con 1K8. Possiamo anche realizzare diverse combinazioni fra i collegamenti dei catodi dei LED, per ottenere effetti luminosi diversi.

LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 555
U2	Circuito integrato 4027
D1	Diodo 1N4148
Q1, Q2	Transistor BC547 o BC548
R5	Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
R6	Resistenza 47 K (giallo, viola, arancio)
R7, R8	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
C1, C2	Condensatore 22 nF
C3	Condensatore 10 µF elettrolitico

Vista del laboratorio con l'esperimento completato.

Convertitore A/D del PIC16F870 (II)

Tutti i modelli di microcontroller PIC16F87X integrano al loro interno il convertitore A/D. Vediamo come funziona in questo microcontroller.

Generalità

Il convertitore A/D si trova implementato sul silicio dei PIC16F87X. Si tratta di un convertitore ad approssimazioni successive da 10 bit di risoluzione. I modelli a 28 pin dispongono di cinque canali di ingresso, e quelli da 40 pin di otto canali. Nei PIC16F870/3/6 i cinque canali di ingresso sono supportati dai terminali della porta A.

Per il suo funzionamento sono necessarie due tensioni di rifrimento, chiamate VREF+ e VREF-, che si devono selezionare via software e che possono utilizzare tensioni interne (VDD e Vss) allo stesso microcontroller o tensioni esterne applicate ai pin RA3/AN3/VREF+ e RA2/AN2/VREF-.

Nello schema di collegamento si può vedere il segnale analogico che entra dalla linea VAIN tramite i canali di ingresso. La tensione di riferimento si può prendere internamente o esternamente.

Registri di lavoro e di controllo

Il convertitore utilizza quattro registri, due di controllo, chiamati ADCON0 e ADCON1, e due di risultato ADRESH e ADRESL.

Struttura interna del convertitore A/D del PIC.

I primi due registri governano il funzionamento del CAD (Convertitore A/D).

Il registro ADCON0

I due bit più significativi ADCS1:0 si utilizzano per selezionare la frequenza del clock impiegata nella conversione (Tosc = 1/Fosc). Nella tabella possiamo vedere la corrispondenza di ogni combinazione di bit con un tempo di conversione. Questo tempo è chiamato TAD, e lavorando con un CAD da 10 bit di risoluzione, avremo bisogno di un minimo di 12·TAD per terminare la conversione. La durata minima di TAD nei PIC16F87X è di 1,6 µs.

I bit CHS2:0 selezionano il canale tramite il quale entra il segnale analogico che deve essere convertito. Nella tabella della scheda successiva è riportata questa corrispondenza.

Il bit GO/$\overline{DONE}$ serve per inizializzare la conversione. Dopo averlo impostato a 1, rimarrà in questo stato per tutta la durata della conversione, e passerà automaticamente a 0 al termine. Il bit ADON è il bit di abilitazione del convertitore. Se il suo valore è 1 permette il funzionamento del convertitore, però se il suo valore è 0 disabilita il funzionamento dello stesso.

Il bit ADCON0<1> non è implementato e non ha nessuna funzione.

Il registro ADCON1

Il bit più significativo del registro ADCON1 è ADFM e serve per selezionare il formato del risultato della conversione. Se il suo valore è 1 il risultato sarà giustificato a destra, quindi, tenendo presente la risoluzione del convertitore da 10 bit, i sei bit più significativi del registro ADRESH saranno interpretati come 0. Quando il bit ADFM ha valore 0, il risultato della conversione si giustificherà a sinistra, quindi i sei bit meno significativi del registro ADRESL avranno valore 0. Nel grafico della figura è possibile vedere come si esegue la giustificazione del risultato. I bit successivi ADCON1<6:4> non sono implementati e i quattro bit meno significativi del registro PCFG3:0

ADCON0 (INDIRIZZO : 1Fh)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/$\overline{DONE}$	—	ADON
bit7							bit0

ADCON1 (INDIRIZZO : 9Fh)

U-0	U-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit7							bit0

Registri di controllo ADCON0 e ADCON1.

ADCS1	ADCS0	TAD
0	0	2·Tosc
0	1	8·Tosc
1	0	32·Tosc
1	1	Oscillatore RC interno

Selezione della frequenza di lavoro del CAD.

si utilizzano per configurare i pin del microcontroller. Quindi potremo definire quale pin desideriamo utilizzare come ingresso analogico, quali linee di I/O (digitali) vogliamo utilizzare per le tensioni di riferimento, ecc.. Nella tabella che riporta la configurazione della porta A, troveremo tutte le possibili combinazioni. La prima colonna contiene i bit PCFG3:0, le tre colonne successive fanno riferimento a canali che non sono implementati sul PIC16F870, le cinque colonne che seguono sono i canali della porta A, le due seguenti da dove verranno prese le tensioni di riferimento e l'ultima colonna indica il numero di canali analogici disponibili e il numero di canali utilizzati come tensioni di riferimento.

La lettera A indica che il canale si utilizzerà come canale analogico e la lettera D che si utilizzerà come I/O digitale.

I registri di lavoro

Nei registri di lavoro sono contenuti i risultati della conversione. Il registro ADRESH (1Eh) conterrà la parte alta del risultato e il registro ADRESL (9Eh) la parte bassa. Il risultato sarà a 10 bit, quindi, in funzione del bit ADFM, verranno riempiti con degli 0 i sei rimanenti.

Funzionamento in modo SLEEP

È possibile programmare una conversione mentre il microcontroller si trova in modo SLEEP, ma in questo caso è necessario utilizzare come clock di conversione il modo RC, dato che il clock normale del PIC nella condizione

Selezione TAD		Frequenza di lavoro			
TAD	ADCS1:ADCS0	20 MHz	5 MHz	1,25 MHz	333,3 kHz
2·Tosc	00	100 ns	400 ns	1,6 ns	6 µs
8·Tosc	01	400 ns	1,6 ns	6,4 µs	24 µs
32·Tosc	10	1,6 µs	6,4 µs	2,6 µs	96 µs
RC	11	2-6 µs	2-6 µs	2-6 µs	2-6 µs

Valore che prende TAD per diverse frequenze di lavoro.

CHS2	CHS1	CHS0	CANALE
0	0	0	Canale 0 (RA0/AN0)
0	0	1	Canale 1 (RA1/AN1)
0	1	0	Canale 2 (RA2/AN2)
0	1	1	Canale 3 (RA3/AN3)
1	0	0	Canale 4 (RA4/AN4)
1	0	1	Canale 5 (RA5/AN5) (1)
1	1	0	Canale 6 (RA6/AN6) (1)
1	1	1	Canale 7 (RA7/AN7)
(1) Non implementati sui PIC16F87X a 28 pin.			

Selezione del canale da convertire.

SLEEP è fermo. Quando si seleziona questo clock, il CAD attende un ciclo di istruzione prima di iniziare la conversione, questo permette l'esecuzione dell'istruzione SLEEP.

Al termine della conversione il risultato è caricato sui registri ADRESH:ADRESL, il bit GO/$\overline{\text{DONE}}$ passa a 0 e si genera un interrupt (se è stato abilitato), questo permette che il PIC esca dal modo SLEEP. Se l'interrupt non è stato abilitato, il CAD attende in questo stato che il processore esca dal modo SLEEP, fino a quel momento il risultato e il bit GO/$\overline{\text{DONE}}$ continueranno a essere validi.

Realizzazione di una conversione

Per eseguire una conversione sono necessarie sette fasi diverse:

1ª Fase: Configurazione del convertitore A/D: Configurazione dei canali di ingresso e delle tensioni di riferimento con ADCON1. Selezione del canale di ingresso da convertire, selezione del clock per la conversione e abilitazione o permesso di funzionamento in ADCON0.

2ª Fase: Configurazione dell'interrupt A/D: Se si desidera generare un interrupt al termine di una conversione dobbiamo cancellare il flag ADIF e abilitare o impostare a 1 i bit di abilitazione ADIE, PEIE e GIE.

3ª Fase: Attendere il tempo di acquisizione del campione da convertire.

4ª Fase: Inizio della conversione: dobbiamo impostare a 1 il bit GO/$\overline{\text{DONE}}$ del registro ADCON0.

5ª Fase: Attendere fino a quando si completa la conversione: Testeremo il bit GO/$\overline{\text{DONE}}$ fino a quando sarà 0 e attenderemo fino a quando si produce un interrupt o si attiva il bit di flag ADIF.

6ª Fase: Lettura del risultato della conversione: leggeremo il risultato di ADRESH:ADRESL e imposteremo il bit ADIF a 0.

7ª Fase: Conversione successiva: per iniziare una nuova conversione dobbiamo attendere come minimo un tempo di 2·TAD per eseguire l'acquisizione successiva, ripetendo tutti i passaggi dal numero 3.

Esempio

Vogliamo configurare i terminali RA0, RA1 e RA3 come ingressi analogici per il CAD, e i pin RA2 e RA5 come I/O digitali. Come deve essere programmato il PIC16F870?

La soluzione consisterà nello scrivere sui quattro bit meno significativi del registro ADCON1 (PCFG3:0) il valore 0100. La tensione di riferimento in questo caso sarà V_{DD}.

Funzionamento del bit ADFM nel registro ADCON1.

PCFG3:0	AN7/(1) RE2	AN6/(1) RE1	AN5/(1) RE0	AN4/ RE5	AN3/ RE3	AN2/ RE2	AN1/ RE2	AN0/ RE0	VREF+ RE2	VREF- RE2	CHAN/ Refs
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	Vss	8/0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	Vss	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	Vss	5/0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	RA3	Vss	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	Vss	3/0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	RA3	Vss	2/1
011X	D	D	D	D	D	D	D	D	VDD	Vss	0/0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	Vss	6/0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	Vss	5/1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	4/2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	3/2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	Vss	1/0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	RA3	RA2	1/2

Configurazione della porta A in funzione del valore di PCFG3:0.

Passo	Procedimento
1	Configurazione del CAD
2	Configurazione dell'interrupt A/D (opzionale)
3	Attendere il tempo di acquisizione
4	Inizio della conversione
5	Attendere il tempo di conversione
6	Lettura del risultato
7	Conversione successiva

Riassunto dei passaggi da eseguire per realizzare una conversione.

Organigramma del procedimento di una conversione.